Ueber die

Einwirkung der comprimirten Luft

auf die

Harnstoffausscheidung beim Menschen.

Inaugural-Dissertation

vorgelegt

der medicinischen Fakultät zu Strassburg i. E.

von

S. Hadra,
practischem Arzt aus Berlin.

Berlin, 1879.
Buchdruckerei von L. Schumacher.
Friedrichstrasse 131 d.

48

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Facultät zu Strassburg i. E.
Referent:
Prof. Dr. **Hoppe-Seyler.**

Die Aerotherapie hat es in den letzten Decennien nicht ohne ein gewisses Glück versucht, sich einen festen Platz unter den therapeutischen Agentien zu erobern. Ursprünglich hervorgegangen z. Th. aus der bei Brückenbauten u. s. w. mit verdichteter, bei Luftschifffahrten, Bergbesteigungen u. s. w. mit verdünnter Luft gemachten rohen Empirie, z. Th. aus theoretischen Speculationen über die Wirkungen des geänderten Luftdrucks in mechanischer und chemischer Beziehung, wurde sie später von Physiologen von Fach sowohl, als auch von vielen sich mit ihrer Anwendung beschäftigenden Aerzten fleissig bearbeitet zur wissenschaftlichen Erkenntniss ihrer physiologischen und therapeutischen Einwirkung auf den thierischen Organismus. Eine ausführliche, historische Uebersicht über diesen Gegenstand giebt Bert in seinem grösseren Werke (P. Bert, La pression barométrique. Recherches de physiol. expériment. Paris 1878, Masson), in dem auch die in den Comptes rendues der Jahre 1873—78 von ihm über dieses Thema veröffentlichten, von der Pariser Academie der Wissenschaften mit dem ersten Preis gekrönten Untersuchungen enthalten sind. Für ein eingehenderes Studium der Literatur verweise ich auf obiges Werk, hier will ich nur kurz die bahnbrechendsten Untersuchungen auf diesem Gebiete registriren. In einer für die damalige Zeit, vor bald 30 Jahren, recht exacten Weise hat Pravaz gearbeitet (Essai sur l'emploi médical de l'air comprimé. Lyon, Paris 1850), während Vivenot, trotz mancher unrichtigen Vorstellungen, die ihm anhaften, durch seine eingehenden Untersuchungen (R. v. Vivenot, Zur Kenntniss der physiologischen Wirkungen und therapeutischen Anwendung der comprimirten Luft. Erlangen 1868) in Deutschland in bedeutsamer Weise zur

Förderung der pneumatischen Fragen beigetragen hat. Hervorzuheben sind ferner die Arbeiten G. v. Liebig's (Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 10, Deutsche Klinik 1872 etc.) und Panum's (Zeitschrift für Biol. Bd. 5. 1868 etc.). Die bedeutendste Arbeit der letzten Jahre in diesem Fache ist unzweifelhaft die schon erwähnte von Bert „La pression etc." Leider sind Bert's Methoden nicht immer correcte, seine Schlüsse ziemlich willkürliche. Trotzdem ist ihm das Verdienst nicht abzusprechen, durch recht umfangreiche, sich fast auf alle diesbezügliche Capitel erstreckende, wenn auch oft etwas oberflächliche Untersuchungen unsere Kenntnisse in diesen Theilen erweitert und zu gründlichem Eingehen in viele früher ganz dunkle Fragen angeregt zu haben.

Für uns wurde im Hinblick auf einen seit einigen Jahren zwischen Fränkel und Eichhorst entbrannten wissenschaftlichen Streit betreffs des Einflusses des O_2 auf die Harnstoffausscheidung, die schon von Bert einmal in Angriff genommene Frage über die Wirkung der comprimirten Luft in dieser Beziehung interessant. Fränkel hatte in einem Aufsatz (Virch. Arch. Bd. 67. Heft 3. Ueber den Einfluss der verminderten O_2-Zufuhr zu den Geweben auf den Eiweisszerfall im Thierkörper von etc.) den Satz aufgestellt, dass der behinderte Lungengaswechsel ebenso, wie die bei der acuten Phosphorvergiftung oder CO-Vergiftung verminderte O_2-Zufuhr, den Eiweisszerfall, die Spaltungsprocesse im Organismus vermehre und eine erhöhte Harnstoffproduction zur Folge habe. Er hatte seine Experimente an im Hungerzustande zu einem ziemlich constanten Harnstoffminimum gebrachten oder durch geregelte Nahrungszufuhr in N-Gleichgewicht gesetzten grossen Hunden, an denen er die Tracheotomie gemacht hatte, in der Form ausgeführt, dass er durch Zudrücken eines mit Trachealcanüle verbundenen Gummischlauches die O_2-Zufuhr nach Belieben, gewöhnlich bis zur eintretenden Asphyxie herabsetzte. Dabei fand er an den vor dem Versuch katheterisirten Thieren eine Sistirung der Harnsecretion während der Versuchsdauer (von ihm später mit Grützner [Pfl. Arch. Bd. 11. S. 370] auf einen Krampf der die Glomeruli mit Blut versorgenden, kleineren Nierenarterien bezogen), sodann aber eine sich gewöhnlich auf 2 Tage erstreckende, nicht unbeträchtliche Vermehrung der Harnstoffausscheidung, auf Grund deren er obigen Satz formulirte.

Gegen Fränkel tritt in Virch. Arch. Bd. 70. Hft. 1. Eichhorst auf mit einer Arbeit: „Der Einfluss des behinderten Lungengaswechsels beim Menschen auf den N-Gehalt des Harns von etc." E. hatte bei Beobachtung von an Croup oder Diphtheritis erkrankten, längere Zeit

ohne Nahrungsaufnahme verbliebenen Kindern gesehen, dass im Stadium der Dyspnoe Harn und Harnstoffausscheidung sistirt hatten, dann aber bei durch Tracheotomie freigewordener Athmung beide schnell gestiegen waren, und zwar der Harnstoff sowohl absolut als relativ (procentisch). E. hält das Letztere zum Beweise für nothwendig, da er ein proportionales Verhältniss zwischen Diurese und Harnstoffausscheidung früher (Pfl. A. Bd. 4. H. Eichhorst, über Resorption der Albuminate im Dickdarm) erwiesen zu haben glaubt. Da bei F. der Procentgehalt des Harnstoffes nicht gestiegen sei, meint E., könnten dessen Versuche nicht das beweisen, was sie beweisen sollen (nämlich eine Vermehrung der Harnstoffproduction), andererseits glaubt E., indem er in F.'s und seinen Versuchen die (bei F. angenommene) Steigerung der Harnstoffausscheidung für die Folge, nicht der behinderten, sondern freigewordenen Athmung hält, F.'s Experimente beweisen nicht, was sie zu beweisen scheinen, und verbleibt bei dem Satz: Die Harnstoffbildung ist der O_2-Zufuhr direct proportional oder der Harnstoff ist eine Function des O_2.

F. weist dann wieder (Virch. Arch. Bd. 71. Einige Bemerkungen zu dem Aufsatz des Herrn Eichhorst: Der Einfluss des behinderten etc.) die E.'sche Ansicht von dem directen Abhängigkeitsverhältniss von Harn zu Harnstoffmenge durch einige Experimente zurück (cfr. unten unsere analogen Resultate), und wendet sich im Allgemeinen gegen E.'s Standpunkt in Betreff des O_2, während E. in Virch. Arch. Bd. 74. Hft. 2 in einem, gleich seinem ersten betitelten Aufsatz diese Gründe nicht anerkennen und durch seine negativen Resultate bei der Untersuchung des bei Tracheotomien asphyctischer und dyspnoetischer Kinder aufgesammelten Blutes in Bezug auf seinen Harnstoffgehalt einen neuen Beweis dafür bringen will, dass der Harnstoff nicht in der Zeit der Dyspnoe gebildet und retinirt, also nicht die Folge der verminderten O_2-Zufuhr, sondern der plötzlich erhöhten, freigegebenen Respiration zu betrachten sei.

Beide Forscher beharren also in der Deutung auf ihren völlig diametral entgegengesetzten Standpunkt in Betreff des O_2. Wenn ich oben bemerke, dass der Fränkel-Eichhorst'sche Streit uns auch z. Th. in der Wahl unseres Themas geleitet hat, so will ich gleich hier von vornherein anführen, dass ich später zur Erkenntniss kam, dass unsere Methode in dieser Frage doch nicht in so selbstverständlicher Weise eine Entscheidung liefern könne. Bei der Deutuug und Erklärung unserer Befunde komme ich später zur Besprechung der hierfür wichtigen Frage, ob und in wie weit die in der comprimirten Luft des pneumatischen Cabinets (in dem unsere Versuche ausgeführt wurden) in unzweifelhaft

erhöhtem Masse gebotene O_2-Zufuhr eine vermehrte O_2-Aufnahme und O_2-Verbrauch von Seiten des Organismus bedinge und dadurch den Stoffwechsel modificire. Ich hielt ursprünglich die Bert'schen Resultate in Betreff der O_2-Aufnahme- und -Verbrauch (s. u.) für correcte, erst im Verlauf der Arbeit erfuhr ich von Herrn Prof. Hoppe-Seyler, dass er diese Resultate (s. B. l. c. S. 829) wegen verschiedener Versuchsfehler und Ungenauigkeiten durchaus verwirft und bei den von Regnault-Reiset gefundenen Werthen fest verharrt. Sollten diese Versuche allerdings der Kritik gegenüber Stand halten, so würden unsere Experimente, auf rein physiologischer Basis an Menschen ausgeführt, die Frage nach dem Einfluss der Oxydation auf die Harnstoffauscheidung und Harnstoffbildung in sauberer und correcter Form zu lösen geeignet sein.

Ich betone also hier im Beginn, dass ich in dieser Frage mit meiner Arbeit Nichts präjudiciren kann und will und dieselbe höchstens als einen Beitrag in diesem schwierigen Capitel angesehen wissen möchte, dass es mir vor allem nur darauf ankommt, an dieser Stelle die von uns, wie wir glauben, in reiner, sogleich näher zu bezeichnender Weise gefundenen Thatsachen als solche hinzustellen, dass wir hierin den Hauptzweck dieser Zeilen sehen und darauf das Hauptaugenmerk richten wollen.

Bert's auf diese Fragen der Einwirkung verdichteter Luft auf die Harnstoffsecretion bezüglichen Experimente an Hunden (l. c. 828) führe ich hier nicht näher an, da mir dieselben wegen des nicht völlig hergestellten N-Gleichgewichts vor den Versuchen und der bei den Thieren durch den Druck hervorgebrachten Aenderungen im Nahrungsbedürfniss nicht beweiskräftig genug erscheinen, obwohl er aus denselben auf erhöhte Harnstoffproduction nach oder durch comprimirte Luft schliesst.

An sich selbst hat er auch einige Versuche in dieser Richtung unternommen (l. c. S. 823 ff.). Er gibt uns dort nur eine kurze Versuchsreihe. Seine Diät. A déjeuner (12 h. 15) Deux oeufs moyens, 70 gr. de viande de mouton dégraissée, 140 gr. de pain, 800 cc. d'un mélange par moitié d'eau et de vin. A dîner (7 h.) 120 Gr. de viande de boeuf dégraissée, 200 Gr. purée de pommes de terre; 6 cérises à l'eau de vie, pain et vin comme à déjeuner. Nachdem er diese Diät nur 1 Tag eingehalten, ging er am folgenden sogleich ins Cabinet, wir haben absolut keinen Anhalt für sein N-Gleichgewicht; der Körper stellt sich (cf. u. unsere Experimente und Analysen) erst ganz allmählich ein. Wir z. B. wären in die gröbsten Irrthümer verfallen, wenn wir unsere Steigerung für Harnstoff am 2. Tage, falls wir damals schon das Cabinet besucht hätten, für dessen Folge angesehen haben würden,

Bert's Analysenreihe sieht zwar sehr hübsch aus bei oberflächlicher Betrachtung, namentlich da sie scheinbar eine dem Druck proportionale Steigerung der Harnstoffmenge sehen lässt, ist aber der Gewichtigkeit dieses Einwandes gegenüber absolut nichtig; auch die letzten Tage zeigen kein N-Gleichgewicht. Ich lasse hier kurz die Analysen folgen.

A. 1. Tag (Beginn der Diät)	press. norm.,	1650 Ccm.	Harn,	20,15 Gr. Urin.
B. 2. -	air comprimé	52 Ccm., 2010	- -	24,72 - -
C. 3. -	- -	56 - 1990	- -	26,04 - -
D. 4. -	faible compress.	40-50 - 2255	- -	21,18 - -
E. 5. -	press. norm.,	2080	- -	20,80 - -
E. 6. -	- -	2123	- -	22,50 - -

Die Sitzungen dauerten 2—2½ Stunden. Art derselben ähnlich unseren cfr. u.

Die sonst noch hierher gehörigen Versuche von Pravaz (cf. bei B. l. c. S. 1125) führe ich hier nicht in extenso an, da bei ihnen auch nicht alle Vorsichtsmassregeln genommen sind. Eine ja aber unter solchen Verhältnissen nicht viel beweisende Vermehrung des Harnstoffs findet er auch. Von Vivenot's, Knauthe's und Simonoff's nur auf subjectiver Schätzung beruhenden Ansichten nehme ich Abstand.

Alle oben angeführten Umstände liessen uns ein genaues Eingehen in diese Frage nicht überflüssig erscheinen.

Vor allem haben wir uns in unserer Versuchsreihe bemüht, die den Bert'schen und Pravaz'schen Untersuchungen anhaftenden, oben skizzirten Fehler durch genaueste und subtilste Reinheit und Regelung der Versuchsbedingungen zu vermeiden, d. h. wir haben durch eine schon 7—8 Tage vor Beginn der speciellen Versuche eingehaltene täglich sowohl an Quantität als Qualität in festen und flüssigen Nahrungsmitteln absolut gleiche Nahrungszufuhr, wie sie sogleich beschrieben werden soll, uns in ein absolutes N-Gleichgewicht gebracht, nach dessen mehrtägiger Dauer wir uns dem erhöhten Luftdruck, während natürlich innerhalb dieser Zeit immerfort das betreffende Regimen beibehalten wurde, aussetzten. Wenn ich hier und im Folgenden von N-Gleichgewicht spreche, so meine ich damit nicht, dass von uns dieselben Mengen des in der Nahrung aufgenommenen N. auch im Harn resp. Harnstoff nachgewiesen wurde, denn Analysen unserer Nahrung sind nicht vorgenommen und diese waren zur absoluten Sicherheit nöthig, sondern wir wollen damit nur sagen, dass wir bei gleicher Nahrungsaufnahme stets täglich gleichbleibende oder in den für diese Bezeichnung erlaubten Grenzen (0,5 Gr. um 31,0 herum) schwankende Mengen Harnstoff ausschieden. Wer sich mit dem nach Voit'schen Tabellen (cf. Voit: „Ueber die Kost in öffentlichen

Anstalten", Vortrag etc. und „Untersuchungen der Kost in öffentlichen Anstalten" etc. zusammengestellt von Prof. Carl Voit etc.) berechneten Werthen begnügt — Fränkel hat auch nur dieses Bestimmungsverfahren gewählt —, für den führe ich an, dass unsere Eiweissmenge ca. 91,5 Gr. betrug, was, wenn wir den N-Gehalt des Eiweisses auf $\frac{15,4-16,5}{2} = 15,9$ pCt. veranschlagen (cf. Herman, Grundriss der Physiologie S. 33) = 14,5485 Gr. N. ergiebt und einer Harnstoffmenge von 31,18 entspricht (die 4 ersten Tage unseres N-Gleichgewichts ergeben im Mittel 31,156). Fränkel erhielt nach langen Vorbereitungen Zahlen wie

1) 24,7. 2) 25,9. 3) 24,4. 4) 25,13 oder
1) 36,87. 2) 34,94. 3) 34,04 etc. oder
1) 21,6. 2) 23,6. 3) 22,8. 4) 25,2.

Wenn man damit unsere späteren Zahlen vergleicht, wird man zugeben müssen, dass sie an Genauigkeit diesem am Thier gewonnenen Werthen mindestens gleichstehen.

Unsere Diät bestand aus:

9 Uhr Morgens, 1. Frühstück.

Café (stets gleiche Bohnenzahl)	275 Ccm.
Milch	25 -
Zucker	10 Gr.
2 Eier (ausgesucht)	90 -
Weissbrod (abgeschnitten 2 Loth)	32 -
Butter	16 -

11 Uhr 20 Min., 2. Frühstück.

Weissbrod	32 -
Butter	8 -
Bier (während der ganzen Versuchszeit dieselbe Sorte Münchener Brauhaus)	200 Ccm.

4 Uhr Nachm., Mittagessen.

Tafelbouillon (stets die gleiche)	16 Gr.
gelöst in heissem Wasser ad	200 Ccm.
Blumenkohl	100 Gr.
Butter	16 -
Fleisch (von Fett und Sehnen befreit)	200 -
Butter	34 -
Kartoffeln (gekocht)	50 -
Schwarzbrod	50 -
Bier	400 Ccm.

$4^3/_4$ Uhr. Café = Morgens ohne Zubrod.

$9^1/_2$ Uhr, Abendbrod.

Fettfreier Schinken	50 Gr.
Schwarzbrod	50 -
Butter	16 -
Bier	600 Ccm.

Abgesehen von diesen Speisen wurde Nichts aufgenommen. Die Biermenge für Abend war etwaigen Durstes wegen etwas grösser gewählt. Nach Voit'schen Tabellen berechnet enthalten diese Speisen c. 2350 bis 2400 Wasser, 91,5 Eiweiss, 97 Fett, 188—190 Kohle-Hydrate.

Des in der Zusammensetzung der Diät gemachten Fehlers in Bezug auf die relative Begünstigung der Fette gegenüber den Kohlenhydraten waren wir uns wohl bewusst, wollten jedoch in dieser, unseren individuellen Gewohnheiten angepassten Kost absichtlich keine Neuerungen einführen, um dadurch nicht am längeren Festhalten derselben durch individuelle Schwierigkeiten gehindert zu werden. Die Eiweissmenge ist, wenn auch nicht gross, so doch für einen nicht körperlich Arbeitenden ausreichend. Die Wassermenge wurde, wie ersichtlich, auch geregelt, da von verschiedenen Seiten (Voit, Eichhorst) der Harnmenge ein Einfluss auf die des Harnstoffs (cfr. o.) beigemessen wird. Die Gewichtsmengen der Nahrungsmittel resp. die Maasse wurden täglich von uns selbst vermittelst einer sehr genauen Waage in rigorösester Weise bestimmt, die Zubereitung war in zuverlässigen Händen und von uns selbst überwacht.

Die täglichen Harnmengen wurden für 24 Stunden (9—9 Uhr Morgens) aufgehoben. Punkt 9 Uhr Morgens wurde die Blase entleert, diese Menge als zum vorhergehenden Tage gehörig gerechnet und von dieser Zeit an Alles bis nächsten Morgen 9 Uhr aufgefangen. Vom 5. Tage an wurde der Urin in 2 Portionen gesammelt, von Morgens 9 Uhr excl. bis Nachm. 4 Uhr incl. als Vormittags-Urin, von 4 Uhr Nachm. excl. bis 9 Uhr nächsten Tages incl. als Nachturin. Beides natürlich wieder als Menge desselben Tages berechnet. Diese Trennung der Portionen führten wir ein, um die Wirkung des Cabinets näher ermessen zu können, ob Veränderungen in dem während und kurz nach der Sitzung bis 4 Uhr entleerten Urin sich zeigten oder eine nachträgliche Beeinträchtigung sich herausstellen würde.

Der Frühcafé wurde erst nach der Urinentleerung Morgens 9 Uhr eingenommen, Abends wurde die Biermenge stets vor 11 Uhr vertilgt, so dass wohl bis zum nächsten Morgen 9 Uhr Alles verdaut und ausgeschieden sein musste. Uebrigens waren die relativen Versuchsbedingun-

gen während der ganzen Zeit dieselben, und das ist wohl das Wesentlichste.

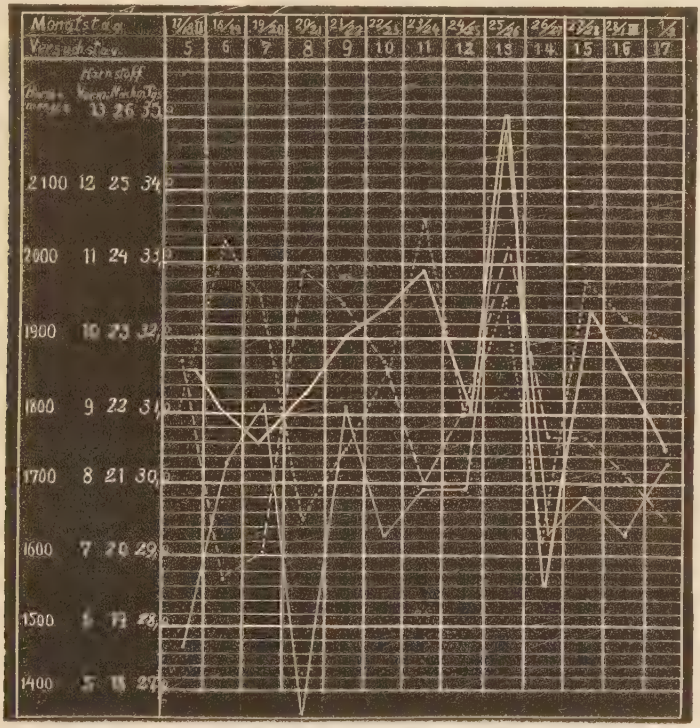
Muskelanstrengungen wurden des event. bei denselben auftretenden Schweisses wegen vermieden, und haben auch meines Wissens während der Versuchszeit Transpirationen nicht bestanden. In Bezug auf Schlaf etc. wurde auch die grösste Regelmässigkeit beobachtet.

Anfangs haben wir auch unsere Diät sehr gut vertragen und mit Appetit gegessen (während der ganzen Versuchsdauer nahm das Körpergewicht um 0,4 Kilogr. zu), erst nach 10—14 Tagen trat eine gewisse Abneigung gegen die Diät ein, die sich bald steigerte, so dass wir nach 17 Tagen den Versuch abbrachen, obgleich wir gern den Einfluss verdünnter Luft und eine willkürliche Steigerung der aufgenommenen Wassermenge eruirt hätten, allein wir fürchteten, bei erzwungener Nahrungsaufnahme nicht ganz reine Zahlen zu erhalten, und müssen uns diesen Theil der Arbeit vorbehalten.

Die Harnstofftitrirungen wurden nach der Liebig'schen Methode mit salpetersaurem Quecksilberoxyd ausgeführt nach vorheriger Ausfällung der Phosphate. Für Chloride ein constanter Abzug von 2 Ccm.-Lösung. Obgleich dies für unsere Differentialbestimmung nicht gerade nöthig, wurde mit Correction titrirt, um möglichst absolute Werthe zu haben (und in der That stimmt ja unser Mittel aus den 4 ersten Gleichgewichtstagen mit der aus der aufgenommenen Menge berechneten Zahl fast absolut). An den speciellen Versuchstagen sass ich in der Regel 4 Stunden in zur Erzielung recht intensiver Wirkung auf 2 Atmosphären comprimirter Luft des pneumatischen Cabinets, das dem Berliner jüdischen Krankenhause attachirt ist, von 9 Uhr 20 resp. 30 bis 1 Uhr 20 resp. 30. Einmal am 13. Tage, nur 3 Stunden, von 1—4 Uhr Nachmittags. Von dieser Zeit entfielen stets 20 Minuten auf den ansteigenden Druck, 40 Min. auf den absteigenden, die übrige Zeit war der Druck constant. Die Temperatur des Cabinets war vermittelst eines Wärmehahns regulirt und ungefähr auf 20° C. gehalten; für genügende Ventilation ist, wie aus früheren, im Apparat ausgeführten CO_2-Bestimmungen ersichtlich, gesorgt. Die Druckerhöhung wird an unserem Apparat durch Aenderung der Luftabfuhr bei Erhöhung der Zufuhr erreicht.

8 Tage nach Einführung obiger Kost, 4 Tage nach sicherem Eintritt des N-Gleichgewichts, begannen die Sitzungen, zuerst 3 Tage hintereinander, dann 1 Tag Pause, 1 Tag im Cabinet, 1 Tag Pause, noch 1 Tag Sitzung, nachdem noch 2 Tage des betreffenden Regimens festgehalten wurde.

Alles Weitere ist besser aus umstehender Tabelle und der hier beigefügten Curve ersichtlich, auf die ich deshalb zunächst verweise.



——— bedeutet Harnmenge; ——— bedeutet Harnstoff-Tagesmenge;
- - - bedeutet Harnstoff-Vormittagsmenge; . . . . bedeutet Harnstoff-Nachmittagsmenge;
9, 10, 11, 13, 15 Versuchstage.

Abgesehen von den uns speciell beschäftigenden Harnstoffausscheidungen bieten die Versuche noch manches Erwähnenswerthe.

Zuvörderst ist es wohl hervorzuheben, wie bei einer so gemischten und von der sonst gebräuchlichen, eigentlich relativ wenig abweichenden, allerdings mit pedantischer Präcision eingehaltenen Köst, deren Aufnahme an sich in keiner Weise Schwierigkeiten bereitete und die nur durch ihre Monotomie unangenehm wurde, in relativ kurzer Zeit N-Gleichgewicht eintrat. Der 3. und 4. Tag sind leider nur nach Schätzung corrigirt, vielleicht war der Körper auch damals schon eingestellt, vom 5. Tage an ist dies sicher der Fall, die Differenzen völlig innerhalb der selbst bei Fränkel's Thierexperimenten nach längerer Fütterung desselben Stoffes in mindestens demselben Maasse sich zeigenden Fehler

Tag.	Datum.	Menge.	spec. Gew.	Gesammt-Gewicht.	Reaction.	Farbe.
1.	13./14. Febr.	1100	1019	1121	sauer	Bernsteingelb klar
2.	14. 15. -	1550	1017	1576	schwach sauer	do.
3.	15./16. -	1860	1016	1890	do.	do.
4.	16. 17. -	1420	1018	1445	sauer	gesättigt gelb
5.	17./18. -	720 750 1470	1013 1023,5	729 768 1497	do.	hellgelb, etwas dunkel
6.	18. 19. -	670 1060 1730	1012 1021	676 1082 1760	do.	do.
7.	19./20. -	590 1220 1810	1010 1017	598 1241 1839	do.	hellgelb
8.	20./21. -	690 660 1350	1014 1026	699 677 1376	schwach sauer	dunkelgelb
9.	21./22. -	760 1050 1810	1011,5 1016	769 1067 1836	sauer	hellgelb
10	22./23. -	750 880 1630	1011 1022,5	758 899 1657	do.	nachm. dunkel
11.	23./24. -	630 1056 1686	1014 1020	639 1077 1716	do.	hellröthlich
12.	24. 25. -	650 1036 1686	1013 1017	658 1053 1711	do.	hellgelb
13.	25. 26. -	880 1300 2180	1012 1015,5	890 1320 2210	do.	do.
14.	26. 27. -	675 960 1635	1013 1017,5	683 977 1660	schwach sauer	do.
15.	27. 28. -	550 1140 1690	1014,5 1017	558 1159 1717	sauer	do.

1) Titre der Hglösg. 1 Ccm. = 0,00714 $\overset{+}{U}$. — 2) 1 Flasche = 760 Ccm. zerbrach, specif. Gew. und Hgmenge gleich dem Rest berechnet. — 3) 550 Ccm. verloren, gleich Rest berechnet, da es Nachmittagsurin war, wohl als höher anzunehmen, so dass negative Schwankung geringer. — 4) Titre der Hglösg. 1 Ccm. = 0,01035 $\overset{+}{U}$. — a) Mittel

Abnorme Bestandtheile.	Temp.	Faeces.	Hgmenge auf 10 Ccm. Harn.	Harnstoff absolut.	procentisch.
keine	normal	1 fest	28,5 [1])	22,226	1,98
Spur von Uraten	do.	1 breiig	26,2	28,774	1,82
keine	do.	do.	23,75	30,98 [2])	1,67
do.	do.	kein	28,9	29,301 [3])	2,03
do.	do.	1 Stuhl	19 40,9	9,7 21,9 31,6	2,12
wenig Urate	do.	kein	21,05 32,1	6,75 24,29 31,04	1,79
do.	do.	1 Stuhl	27,1	7,047 23,603 30,65	1,7
keine	do.	1 fest	22 43,5	10,838 20,498 31,336	2,28
do.	do.	kein	19,3 28,8	10,474 21,591 32,065	1,74
do.	do.	do.	18,2 36,1	9,747 22,671 32,417	1,95
do.	do.	do.	18,1 32,9	8,141 24,806 32,947	1,9
do.	do.	Abds. 10 Uhr Stuhl nach Clysma	15,05 [4]) 20,55	9,0898 22,0351 51,1149	1,88
do.	do.	kein Stuhl trotz Clysma	12,4 17,6	11,293 23,6808 34,9738	1,58
do.	do.	Stuhl nach Clysma Abds. 10 Uhr	12,4 20,1	8,6629 20,0210 28,6839	1,73
do.	do.	1 Stuhl	15,25 20,15	8,681 23,805 32,486	1,9

aus dem 4.—8. Tag = 31,156: b) Mittel aus dem 9.—11. (2 A.) = 32,476; c) Mittel aus allen Ngleichgewichtstagen. unter normalem Druck = 30,835; d) Mittel aus sämmtlichen Tagen im Cabinet 32,977 (+ 2,142).

Tag.	Datum.	Menge.	spec. Gew.	Gesammt-Gewicht.	Reaction.	Farbe.
16.	28. F./1. März	550 1085 1635	1011 1018,5	556 1104 1660	sauer	hellgelb
17.	1./2. März	630 1100 1730	1010 1018	636 1120 1756	do.	do.

grenzen. Zur Vergleichung mit den unter 2 Atmosphären gefundenen Werthen sind sie jedenfalls in jeder Weise ausreichend. Die sonst im pneumatischen Cabinet oft gemachten Beobachtungen in Anbetracht der Respirationsfrequenz, subjectiven Gefühle etc. haben wir auch an uns erfahren, verzichten hier aber auf ihre Wiedergabe als nicht hierher gehörig.

Wichtig scheint es uns jedoch, auf das Verhalten der Harnmengen in unserem Falle aufmerksam zu machen, da wir durch unsere reinen Versuchsbedingungen wohl entscheidendere Ergebnisse, als andere Forscher, verzeichnen können. Simonoff, Knauthe. Vivenot (a. a. O.), Junod (cfr. bei Bert l. c. S. 433) sprechen von einer Vermehrung der Harnmenge durch das Cabinet, Einzelne geben auch ein subjectives Gefühl des Harndranges während des Aufenthaltes in demselben an. Weder das Letztere haben wir empfunden, noch auch eine objective Urinvermehrung bei dem in der Nahrung stets gleichbleibenden Wassergehalt in unzweideutiger Weise eintreten sehen. Wenn natürlich dem sich im Cabinet zuweilen stärker einstellenden Nahrungsbedürfniss nachgegeben wird, so sind die Verhältnisse bei dem grossen Procentgehalt aller Nahrungsmittel an Wasser andere, selbst wenn die directe Wassermenge nicht vermehrt wird.

Differenzen zwischen Tagen der Sitzung und solchen unter gewöhnlichem Druck traten deutlich in unserer Tabelle durchaus nicht hervor. Wenn wir die Zahlen durchgehen, ohne zu wissen, an welchen Tagen wir uns unter 2 Atmosphären befanden, so könnten wir uns dies aus Harnmengenunterschieden durchaus nicht herauslesen. Wir finden am 7. Tage in 1 Atm. 1810 Ccm. Harn, am 9. in 2 Atm. dieselbe Menge von 1810, am 10. (2 Atm.) 1630 Ccm., am 14., 16. (1 Atm.) 1635 etc. Einmal trat eine sehr starke Steigerung im Cabinet ein (am 13. Tage), aber andererseits sind Zahlen wie 1860, 1810, 1730 ohne Cabinet höher, als andere (1830, 1690) in demselben, so dass wir hieraus eine directe Beeinflussung der Harnmenge durch das Cabinet nicht herleiten können.

Abnorme Bestandtheile.	Temp.	Facces.	Hgmenge auf 10 Ccm. Harn.	Harnstoff absolut.	procentisch.
keine	normal	1 Stuhl	14,5 20,8	8,254 23,441 31,705	1,9
do.	do.	do.	11,5 20,25	7,4985 23,0546 30,5532	1,7

Etwas anders stellt sich allerdings das Verhältniss, wenn wir Durchschnittszahlen nehmen. Durchschnittssumme aus sämmtlichen 5 Sitzungstagen = 1798 Ccm. Harn und (indem wir erst vom 5. Tage den Beginn der correcten Reihe rechnen) 1631 für 1 Atm. Also eine Differenz von 167 Ccm.

Auch die Vormittagsmengen, die ja also z. Th. an den besonderen Versuchstagen im Cabinet selbst oder wenige Stunden nach dem Verlassen desselben gelassen sind, geben keinen Beweis für Steigerung durch das Cabinet. Nur der 13. Tag macht auch hier eine Ausnahme. Wir haben 760, 750, 630, 880, 550 in, Zahlen wie 720, 670, 550 auch ohne Cabinet, ähnlich verhält es sich, wie aus der Tabelle hervorgeht, mit den Nachmittagsquantitäten; auch die Curven demonstriren dies klar. Wenn wir auch hier bei den Theilmengen Mittelwerthe geben, so muss sich natürlich auch eine Erhöhung documentiren, diese verhält sich folgendermaassen.

Vorm. 1 A. = 647. 2 A. = 710. Diff. = 63 Ccm. Erhöhung = 10 pCt.
Nachm. 1 A. = 984. 2 A. = 1088. Diff. = 104 Ccm. Erhöhung = 10 pCt.

Nach diesen Zahlen halte ich mich nun nicht für befugt, eine constante Abhängigkeit der Harnmenge vom Luftdruck anzunehmen. Die Versuche hätten zwar auf diesen Punkt hin wohl besser in der Weise gerichtet werden können, dass stündliche Messungen ausgeführt wären, manche Schwankungen sind auch vielleicht Folge äusserer Temperatur und Feuchtigkeitsschwankungen, doch würde es zu weit führen, auf diese Verhältnisse näher hier einzugehen, um so mehr, als diese Processe in allen ihren Phasen noch zu wenig bekannt sind. Jedenfalls, glaube ich, bei einer solchen Incongruenz zwischen Einzelbeobachtung und Durchschnittszahl, bei dem Fehlen jeglicher Gesetzmässigkeit in den Einzelbestimmungen, wo wir im Cabinet bald grössere, bald kleinere Werthe als aussen finden, können uns diese Werthe keinen irgendwie sicheren

positiven Schluss erlauben; anders ist es, wie wir gleich sehen werden, beim Harnstoff, wo Tagesmengen und Mittelzahlen conform und parallel sind. Ein Normalgleichgewicht für unsere Harnmengen haben wir überhaupt nicht gefunden, und schon aus diesem Grunde ist es schwierig, über Abweichungen ein Urtheil zu fällen; auch sind Schwankungen der Harnmenge um 100 — 180 Ccm. zu gering, um als Ausschlag gebend betrachtet zu werden. So glauben wir eben in unserem Falle keine Wirkung in dieser Hinsicht deduciren zu können. Selbst wenn aber Jemand in den Zahlen einen Beweis für Steigerung der Urinmengen sehen würde, so kann man doch dieselbe als Grundursache der vermehrten Harnstoffausscheidung aus sogleich bei der Besprechung der Curven darzulegenden Gründen nicht heranziehen, da, wie wir sehen werden, wir die von Voit-Eichhorst gegen Salkowski-Fränkel behauptete Abhängigkeit der Harnstoffmenge von der Urinmenge keineswegs bestätigen können.

Wir können also mithin die für vermehrte Harnausscheidung unter erhöhtem Druck von Vivenot, a. a. O. angeführten Gründe der Verdrängung des Blutes von peripheren nach centralen Theilen übergehen. Abgesehen davon, dass dieselben mit einigen neueren Forschungen über Temperaturen im Rectum unter höherem Luftdruck (s. Stembo's Beiträge zur physiol. Wirkung der comprimirten Luft. Dissertation. Berlin 1877) nicht in Einklang zu bringen sind, erklärt diese Theorie uns auch nicht die Nachmittags und Nachts lange nach dem Verlassen des Cabinets um 10 pCt. gesteigerte Mittelzahl (falls eben Jemand hierin eine Steigerung der Mengen überhaupt sehen will). Nur während des ansteigenden Drucks könnte doch überhaupt eine energische Verdrängung bestehen, während des constanten Drucks muss schon Ausgleich eintreten, unter absteigendem aber sogar eine Entlastung der Nierengefässe. Doch ist ja diese ganze Excursion für unsere Anschauung unnöthig.

Wir gehen jetzt über zu dem auf die Harnstoffmengen bezüglichen Theil unserer Tabelle.

Vom 5. Tage der Diät ab finden wir Abweichungen von 0,5 Gr. um 31,0 Gr. (über die genügende Basis, die diese Zahlen geben, vergl. oben). 5) 31,6. 6) 31,04. 7) 30,65. 8) 31,336. Mittel = 31,156 (31,18 nach Diät cfr. o. Harnstoffmengen.) Am 1. Tage des erhöhten Drucks haben wir 9) 32,065. Es ist dies überhaupt das Minimum unter 2 Atm., während draussen diese Zahl nie erreicht wurde. Wir sassen damals 3 Tage à 4 Stunden (9—1) hintereinander, hierbei eine langsame, allmähliche, aber stetige Zunahme, 9) 32,065, 10) 32,417, 11) 32,947, was gegen den letzten Tag draussen mit 31,336 eine Erhöhung von 1,6 bedeutet, die

sich auf die 3 Tage mit 0,7; 0,4; 0,5 ziemlich gleichmässig vertheilt. Mittel von 9., 10., 11. Tag = 32,417 (: 31,156).

Wir müssen zwar zugeben, dass diese Zunahme von Tag zu Tag eine geringe ist, die uns aber in Anbetracht ihrer Constanz und, namentlich zusammengehalten mit den späteren grossen Ausschlägen, nicht zufällig erscheint. An diesen 3 Tagen war bei der wahrscheinlich in Folge der geringen Menge Kohlehydrate wenig Koth machenden Nahrung kein Stuhl vorhanden und wurde vernachlässigt, denselben durch Clysma zu erzielen. In diesem Umstande liegt aber keineswegs die Ursache der Harnstoffsteigerung, da einerseits, worauf wir noch zurückkommen, an diesen 3 Tagen der Steigerung in der Gesammtmenge des Harnstoffes in den Morgenmengen sich ein täglicher Abfall zeigt (10,474; 9,747; 8,174) und die Zunahme allein und natürlich umgekehrt proportional auf die Nachmittagsportionen entfällt; wäre aber Stuhlverhaltung Veranlassung, so müsste eine Erhöhung sich doch in allen Portionen äussern, andererseits am Tage nach den 3 Sitzungen unter 1 Atm. ein Abfall um 1,83 Gr. auftritt (32,9 — 31,1), während an diesem Tage nach mehrtägiger Obstipation Clysma allerdings applicirt wurde, aber erst Abends 10 Uhr nach dem Lassen des Nachturins, zu einer Zeit, wo also schon über $^4/_5$ der betreffenden ganzen Tagesmenge entleert war, wo also höchstens durch diesen Eingriff dem von Abends 10 bis Morgens 9 Uhr fecernirten Urin resorptionsfähige Nahrungsmassen in geringem Maasse entzogen sein konnten, so dass die Verminderung hiervon nicht abhängig zu machen ist. Noch deutlicher tritt die Nichtbeeinflussung der Harnstoffmengen durch den Stuhlgang zu Tage, als am 13. Tage (25. II.), auf den doch die am 24. II. Abends 10 Uhr stattgehabte Entleerung am ehesten hätte einen Einfluss ausüben können, bei einer 3stündigen Sitzung (1 — 4) ein Ansteigen des Harnstoffs bis auf 34,97 (3,8 Gr.) erfolgt. Von diesem Tage ab wurde durch Clysma für Stuhl gesorgt, am 25. ohne Erfolg.

Aus dem folgenden Tage könnte ich eine weitere Stütze herleiten, halte dies jedoch nicht weiter für nöthig. Am 15. Tage, dem also dem starken Indichöhegehen folgenden, fällt der Harnstoff dann unter die Norm, um 6,3 Gr. auf 28,6, um am 16. unter 2A. auf 32,48 (um 3,8) sich zu erheben. An den 2 Schlusstagen allmählicher Abfall um 0,78 resp. 1,2 auf die Norm (30,5 Minimum des Gleichgewichts).

Wenn wir aus sämmtlichen Tagen unter gewöhnlichem Druck (vom 5. an) und aus allen Cabinetstagen die Summen ziehen, finden wir 30,835 ohne, 32,977 im Cabinet (+ 2,142). Einzelmessung und Durch-

schnitt geben also hier Ausschläge in derselben Richtung und können daher unbeanstandet verwerthet werden. Unsere Curve zeigt die Abhängigkeitverhältnisse recht deutlich.

Wenn wir auch hier Theilzahlen für Vormittag und Nachmittag anführen und die betreffenden Mittel ziehen, so finden wir auch hier unter 2 A. stets höhere Werthe.

Vorm. 1 Athm. 8,48. 2 Athm. 9,663 (+ 1,2).
Nachm. 1 Athm. 22,306. 2 Athm. 23,3176 (+ 1,01).

Beim Vergleich der Einzelzahlen, namentlich des Vormittags, tritt hier eigentlich im Grossen und Ganzen die Einwirkung des Druckes nicht zu Tage, auch die Nachmittagsmengen zeigen, wenn auch im Allgemeinen höher, nichts in die Augen Springendes. Wenn wir nun aber diese Werthe, wie es hinten geschehen ist, gleichzeitig mit der Totalsumme in Gestalt einer Curve auftragen, so finden wir das eigenthümliche Resultat, dass, während in den Tagen des Gleichgewichts unter 1 A. sich kein bestimmtes Abhängigkeitsverhältniss zeigt, seit dem Beginn der speciellen Versuche während der ganzen folgenden 9 Tage ein höchst augenfälliger Parallelismus zwischen Nachmittags- und Tagessummen sich erkennen lässt. Wir können hieraus wohl mit einem gewissen Recht den Schluss ziehen, dass in diesem 9tägigen Verlauf seit Beginn der Einwirkung der comprimirten Luft die Nachmittagsmengen das Bestimmende und Ausschlaggebende gewesen sind, dass die Wirkung der Compression der Luft also erst nach einer gewissen Zeit in einer Alteration des Stoffwechsels zur Geltung kommt. Es zeigt sich diese Wirkung erst in dem mehrere Stunden, minimum nach 3 ausgeschiedenen Harn (in der Regel wenigstens 1 Ausahme davon am 13 Tage, Erklärung dafür folgt sogleich), sie dauert aber sicher nicht über 20 Stunden, da sonst die Vormittagswerthe nicht fallen dürften [1]).

In dem Heruntergehen der Vormittagswerthe sehen wir vielleicht einen gewissen Ausgleich, eine Herabsetzung des Stoffwechsels, ein Phänomen, welches uns wohl auch in dem starken Abfall am 14. Tag nach dem grossen Auschlag nur in etwas veränderter Zeitfolge hervortritt.

Die Steigerung der Wirkung, welche die mit der Compression verbundenen Vorgänge auf meinem Körper ausübten, darin sich zeigend, dass anfangs die Ausschläge von einem Tage zum andern nur klein waren (Diff. ca. 0,5), später die Werthe stark nach oben stiegen (ca. 3,8 Gr.),

[1]) Im Grossen und Ganzen lassen sich diese Deductionen wohl ableiten; zur genauesten Fixirung wäre stündliche Untersuchung geboten gewesen.

erkläre ich mir derart, dass sich mein Körper anfangs durch die lange Vordauer des N-Gleichgewichts im stabilen N-Gleichgewicht befand, d. h. dass er dem ihn aus demselben heraus zu drängen bestrebten Factor, gleichgültig welcher Art er nun sei, einen grossen Widerstand entgegensetzte, den dieser nur allmählich, aber täglich in grösserem Masse überwand. Die dann am 13. Tage nach 1tägiger Pause einwirkende Compression findet nur noch bedeutend geringere Neigung des Organismus das N-Gleichgewicht beizubehalten, enorme Ausschläge treten auf, am 13. und 15. Tag Zunahme um 3,8 Gr. Die Wirkung äussert sich sogleich Vormittags, der Ausgleich setzt sich über den ganzen folgenden Tag fort etc. etc., statt stabilen haben wir nur noch labiles Gleichgewicht.

Unzweifelhaft nachgewiesen haben wir also an den Tagen, wo wir mehrere Tagesstunden unter 2 A. zubrachten, eine Vermehrung der Harnstoffmenge, im Einzelnen, wie im Mittel sich entsprechend, bei stets gleichbleibender Nahrungszufuhr. Diese zu erklären, wäre nun unsere Aufgabe.

Eine Vermehrung der Harnstoffmenge als blosse Folge stärkerer Ausscheidung, also eine mechanische Erklärung, können wir nicht wohl zulassen, da in diesem Falle eine gleichzeitige Steigerung der Harnmenge einhergehen müsste.

Wie aber oben ersichtlich, fehlt dieselbe, der ausgeprägte Antiparallelismus zwischen Harn und Harnstoffzahlen erlaubt eine solche Deutung keineswegs, wie auch die Gegenüberstellung folgender Zahlen zeigt:

670	Ccm.	6,75	Gr.	U. 1	A.
670	-	8,66	-	- 1	-
630	-	8,141	-	- 2	-
650	-	9,089	-	- 1	-
1050	-	21,591	-	- 2	-
1050	-	24,806	-	- 2	-

Differenz der Harnmenge zwischen 1 und 2 Athm.	Harnstoff Differenz zwischen 1 und 2 Athm.
Vorm. 60 Ccm.	1,2 Gr.
Nachm. 100 -	1,01 -

Wir können also das S. 14 gegen Eichhorst Gesagte bestätigend, auf die dortigen Gründe erweisen.

Rein nervöse Momente als Ursache für die Steigerung der Harnstoffzahlen anzunehmen, fehlt jede Basis. Wenn auch unzweifelhaft in comprimirter Luft Alterationen des Nervensystems vorkommen, so ist es doch nicht sicher, ob dieselben primär auftreten, andererseits ist der

Einfluss des Nervensystems auf den Stoffwechsel resp. die Nierenthätigkeit ein zu dunkler, um ihn zur Deutung zu verwerthen.

Wir müssen uns also nach einer chemischen Erklärung unserer Harnstoffsteigerung umsehen und dieselbe als Folge einer allgemeinen Stoffwechselalteration in verdichteter Luft betrachten. Dass eine solche in derartiger Luft eintritt, geben Alle sich mit diesen Fragen beschäftigende Autoren an. Sie äussert sich in Abnahme des Körpergewichts bei unter gewöhnlichen Verhältnissen ausreichender und dasselbe erhaltender Kost, Zunahme desselben bei Nahrungssteigerung (cf. Simonoff's Tab. a. a. O. S. 82), Abnahme des Fettes, Appetitzunahme, Steigerung der Muskelkraft (J. Lange), höhere Körpertemperatur (Vivenot). Diese Beeinflussung des Stoffwechsels durch comprimirte Luft fassen die Meisten als Folge einer durch stärkeren O_2-Verbrauch in solcher Luft gesteigerten Oxydation auf. Mit welchem Recht, wollen wir sogleich erörtern.

Wenn ich hier, wo unser eigentlicher Zweck die Erklärung der betreffenden Harnstoffsteigerung ist, überhaupt auf diese Gasverhältnisse eingehe, so will ich gleich vorweg bemerken, dass ich mir wohl bewusst bin, dass bisher noch kein stricter Beweis gebracht ist, für die Nothwendigkeit des Geschehens einer Oxydation bei der Harnstoffbildung, aber nach dem jetzigen Standpunkt der Wissenschaft ist dies wohl das Wahrscheinlichste, eine Ansicht, die von bedeutenden Autoritäten vertreten wird (Voit, Pflueger), so dass wir wohl ein Recht haben, die Frage nach dem Verhalten des O_2 bei Aufenthalt in comprimirter Luft, hier zu erörtern.

In auf 2 A. comprimirter Luft werden alle Gase dem Blute in doppelter Menge dargeboten. Von der Co_2 ist dies bei genügender Ventilation, wie sie bei uns bestand, gleichgiltig, der N. ist indifferent, über den O_2 sind nicht alle Autoren einig.

Kurz nach seiner Entdeckung wurde der O_2 damals „Lebensluft" genannt, als einzig wirksames Agens bei allen thierischen Verbrennungen betrachtet. Gegen diese Anschauung, dass der O_2 allein massgebend für alle Oxydationen sei, trat schon sein Entdecker Lavoisier (Tit. s. Arbeit s. Pfl. A. Bd. 14. S. 4. etc.) auf, indem er fand, dass auch bei Athmung reinen O_2's die verbrauchten Quantitäten stets dieselben seien. Aber er war zu diesem Resultat mit einer ungenügenden Methode und von mangelhaften Voraussetzungen ausgehend, gelangt, von Regnault-Reiset (Recherches chimiques sur la respiration des animaux des diverses classes. Annal. de Chimie et de Physique, 3me Serie. Tome XCVI. p. 299—466) ist wirklich zuerst nachgewiesen, dass Vermehrung des

O_2 % gehaltes der Luft ohne Einfluss auf den Stoffwechsel ist. Die supponirte exceptionelle Stellung des O_2 im Blute, dem Dalton'schen Gesetze gegenüber, schien gesichert, zumal seit man wusste, dass der O_2 im Blute, selbst bei niederem Druck als Oxyhaemoglobin enthalten ist (s. Hoppe V. A. 1865). Nun sind in den letzten Jahren von Bert Untersuchungen angestellt, über die Wirkung des erhöhten Luftdrucks resp. also Erhöhung des O_2 in der Luft, auch mit Athmung reinen resp. comprimirten reinen O_2 ausgeführt, cfr. in seinen citirten Werken: „La pression etc."

Bert hat das arterielle Blut verschiedener, lebender Thiere, die er bald höheren, bald niederen Druckschwankungen ausgesetzt hatte, in Bezug auf seinen Gasgehalt untersucht und fand hierbei eine Steigerung des absorbirten O_2's im Blut mit der Drucksteigerung in der geathmeten Luft. S. 661 und 665 stellt er seine Zahlen in einer Tabelle zusammen:

1 A.	O_2 im Blut	20	Diff.	0— 1 A.	O_2-Zunahme	20,0
2 -	- -	20,9		1— 2 -	-	0,9
3 -	- -	21,6		2— 3 -	-	0,7
5 -	- -	22,7		3— 4 -	-	0,6
7 -	- -	23,1		4— 5 -	-	0,5
10 -	- -	23,4		5— 6 -	-	0,2
				6— 7 -	-	0,2
				7— 8 -	-	0,1
				8— 9 -	-	0,1
				9—10 -	-	0,1

Wenn B. hierbei gefunden haben will, dass erst bei 5 A. chemische Sättigung des Haemoglobins mit O_2 eintritt, so ist dies falsch, wie überhaupt B.'s Zahlen nicht verlässlich sind, während allerdings diese Versuche im Grossen und Ganzen in ihrer Idee ganz hübsch und sicher soweit zu verwerthen sind, dass man eine Steigerung des absorbirten O_2 im Blute mit der Steigerung d. O_2 in der geathmeten Luft erkennt. Von Herter und Hoppe ist neuerdings in Bezug auf die Sättigung festgestellt (Zeitschrift f. Physiol. Chem. Bd. 3. Hft. 1 und 2), dass das arterielle Blut nur Oxyhaemoglobin und noch ca. 10 pCt. absorbirten O_2 enthält, also chemisch stets gesättigt ist.

Eine höhere O_2-Aufnahme bei stärkerer Zufuhr zeigen ferner die Arbeiten von Speck, der den aufgenommenen O_2 direct mass; cfr. Speck, Pflüger A. Bd. 19. Hft. 4 — 5. „Ueber den Einfluss der Athemmechanik und des Sauerstoffdrucks auf den Sauerstoffverbrauch", ferner „Untersuchungen über den O-Verbrauch und CO_2-Ausscheidung des Menschen" etc. Speck hat dann weiter (cfr. Krit. und exper. Unters. über

die Wirkung des veränderten Luftdrucks auf den Athemprocess von etc. Cassel 1878", a. a. O. P. A. Bd. 19) für sauerstoffreiche Luft Aehnliches gefunden, und sagt P. A. Bd. 19. S. 185, dass dieser mehr geathmete O_2 auch ins Blut übergeht. (Die Zahlen führe ich nicht an, es wäre dies zu weitläufig.) Ebenso constatirte Liebig (P. A. Bd. 10. S. 479—536. 1875. „Ueber die Aufnahme des O_2 in den Lungen bei gewöhnlichem und erhöhtem Luftdruck") eine O_2-Aufnahme-Steigerung bei um $^3/_7$ Atm. comprimirter Luft um 6 pCt. (7,058 O-Aufnahme in gew. Luft, 7,481 Gr. bei 320 in Hg-Ueberdruck in 15 Min.). Panum, Vivenot, Lange haben für den O_2 ihre Zahlen nur indirect aus CO_2 - N_2-Ausscheidung berechnet, ich gebe deshalb die Werthe hier nicht, obgleich sie auch dasselbe zeigen.

Ziemlich sicher ist also sowohl durch Blutgas, als O_2-Verbrauch-Analysen festgestellt, dass eine Mehraufnahme von O_2 durch die Lungen in das Blut stattfindet, bei verstärkter Zufuhr, auch in comprimirter Luft, wo der O_2 einem höheren Partialdruck ausgesetzt ist. Es fragt sich nur, was thut dieses Plus von O_2 im Blut, geht es in die Gewebe über, wird somit der Procentgehalt desselben im Blute fortwährend erneuert, findet also mit einem Worte höherer Sauerstoffverbrauch im Körper statt, werden die Oxydationen vermehrt oder aber sättigt sich das Blut nur 1mal mit O_2 bis zu dem entsprechenden Grade, giebt dann aber an die Gewebe stets nur so viel oder sogar weniger O_2 als sonst ab, d. h. also findet sich nur eine andere Einstellung des Blutgehalts bei gleichbleibender oder verminderter Oxydation, tritt, nachdem der O_2-Gehalt des Blutes mit dem der Luft sich in Gleichgewicht gesetzt hat, der normale oder geringerer Verbrauch ein?

Es würde zu weit führen, hier alle auf diesen Punkt gerichteten Experimente und auf Grund derselben geäusserten Ansichten in extenso anzuführen und zu belegen, ich bemerke also nur kurz resumirend Folgendes:

Die meisten der betreffenden Untersucher haben sich neben der Bestimmung des O_2 ausschliesslich der der CO_2 zugewandt und hierin allein das Maass des Stoffwechsels gesucht.

Wie wir schon oben angedeutet haben, genügt aber ein Factor unserer Ansicht nach nicht, da keine gesetzmässige Abhängigkeit zwischen den Factoren bekannt. Wir müssen uns mit diesen Experimenten begnügen, da uns bessere nicht zu Gebote stehen. Zu moniren ist ferner, dass nicht alle nöthigen Cautelen in Bezug auf Nahrung, Zeit u. s. w. genommen sind. Speck's Versuche scheinen noch die correctesten.

Nun finden wir die auseinandergehendsten Ansichten in Bezug auf das Verhalten der CO_2.

Die Einen, wie Liebig l. c. P. A. Bd. 10, bestreiten überhaupt eine Vermehrung selbst der CO_2-Ausscheidung. Jedenfalls steht Liebig mit seiner Ansicht vereinzelt. Vivenot will im $1^3/_7$ A. eine Vermehrung der CO_2 um 22,16 pCt. bemerkt haben. Lange bestätigte dies, wies aber nach dem Aufhören des Drucks einen Abfall in der CO_2-Ausscheidung nach, Panum fand Steigerung um 14 pCt. bei möglichst dem normalen gleichen Tempo. Vivenot und Lange thaten nur alle $^1/_4$ Std. 1 Athemzug in den betreffenden Apparat und berechneten hiernach die Mengen, Panum sass im Cabinet und exspirirte längere Zeit (15 Min.) durch Müller'sche Ventile in einem aussenstehenden, 60,000 Ccm. haltenden Spirometer, hiernach berechnete er auch grössere Mengen, hatte also doch eine festere Basis; Panum's für Athmung in normaler Luft berechnete Werthe sind den von Ranke im Pettenkofer-Voit-schen Respirationsapparate gefundenen gleich, was für die Zuverlässigkeit seiner Methode spricht. Cfr. auch Bert's Exp. über CO_2 l. c. No. 322.

Müssen wir nun in dem von Vivenot, Lange, Panum Gefundenen einen Beweis für höheren O-Verbrauch, für gesteigerte Oxydation, vermehrte CO_2-Bildung, Erhöhung des Stoffwechsels während des Aufenthalts in comprimirter Luft sehen, zugegeben selbst, dass mit dem Verlassen desselben dieselbe aufhört oder einer negativen Schwankung Raum giebt? Diese Autoren meinen es; dieser Anschauung widersprechen Speck und Pflüger.

Bei der durch Verstärkung der Ventilation der Lungen erzeugten höheren O-Aufnahme hält Speck (Unters. über O-Verbrauch etc.) auch eine höhere CO_2-Ausscheidung während dieser Ventilation, höher sogar, als sie der Mehraufnahme von O_2 entspricht, für sicher, will dieselbe aber in Anbetracht des späteren Sinkens der CO_2-Ausscheidung nach stärkerer Lüftung bei jetzt relativ zur ausgeschiedenen CO_2 in grösserem Maasse aufgenommenen O_2 für blosse Folge geänderter Diffusionsbedingungen, nicht geänderter Bildung erklären, glaubt somit, sich gegen eine vermehrte innere Oxydation auf Grund des Uebergangs des O_2 in die Gewebe, Anhäufung desselben im Körper erklären zu müssen. Pflüger, dessen Arbeit z. Th. schon oben besprochen, kommt auch trotz Vermehrung der CO_2-Ausscheidung zu ähnlichen Resultaten wie Speck.

Eine genaue Bilanz zwischen O_2-Aufnahme und CO_2-Bildung für längere Zeit giebt aber Keiner, es ist nur ihre subjective Schätzung, dass das Verhältniss der CO_2-Bildung wohl das Gleiche, dass der aufgenom-

mene O sofort ausgeschieden wird, beweisen können sie es nicht. In seinen Versuchen mit O reicherer Luft (Krit. exper. Unt. etc. S. 249. 250) stellt Speck folgende Tabelle auf.

pCt. O_2	aufgenomm. O_2	ausgeschied. CO_2	eing. Luft.
9,16	0,323	0,634	11118 Ccm.
10,00	0,328	0,648	11318
10,92	0,350	0,607	10805
13,27	0,441	0,600	10489
		etc.	
42,73	0,696	0,537	8650
		etc.	
63,48	0,786	0,536	9476

und folgert daraus:

„Weit entfernt, mit der zunehmenden O-Aufnahme zuzunehmen, bleibt die CO_2-Ausscheidung gleich oder nimmt noch ab.“

„Die stärkste CO_2-Ausscheidung findet sich offenbar bei der geringsten Aufnahme.“

„Mit dem Wachsen der O-Aufnahme nimmt die CO_2-Ausscheidung etwas ab. Diese Abnahme ist bedingt durch die Abnahme der geathmeten Luftmenge, sie ist ganz unabhängig von der O-Aufnahme. Die ausgeschiedene CO_2 entspricht genau den Mengen, wie sie sich bei ähnlichen Luftmengen, des Athmens unter verschiedenem Luftdruck finden.“

In seinen speciellen Experimenten über Aenderungen des Luftdrucks sagt Speck a. a. O. S. 238:

„Jede Druckänderung der Luft (er arbeitete mit alleiniger Compression der Athmungsluft) veranlasse eine Vermehrung des Athemprocesses in allen seinen Beziehungen.“

Jedoch ist hierbei anzuwenden, dass die Speck'schen Versuche zu kurze Zeiträume betreffen, so dass bei ihnen auf eine vermehrte Function des O_2 überhaupt nicht geschlossen werden kann. An sich würde also das Fehlen einer CO_2-Steigerung in seinen Versuchen nicht beweisen, dass der O_2 nicht höhere Oxydationen angeregt hätte, aber die übrigen hier erwähnten Untersuchungen von Panum, Vivenot, Lange lassen dies auch nicht hervortreten, jedenfalls nicht in bestimmter, klarer Weise. Regnault's Versuche stehen fest und sind auf längere Zeit ausgeführt, alle diese anderen Angaben können ihre Resultate nicht wesentlich modificiren und uns daher keine feste Basis für eine unanfechtbare Deutung unserer Werthe als Folge eines höheren O_2-Verbrauchs, d. h. einer entschiedeneren Oxydation geben.

Nun giebt es allerdings seit den letzten Jahren Versuche von Bert,

die ebenfalls über 24 Stunden ausgeführt, auch gleich Regnault alle durch Einschaltung von Ventilen, Canülen etc. in der Athemmechanik hervorgebrachten Fehler vermeiden. Dieselben sind in einem dem Regnault'schen nachgebildeten Apparate angestellt. Es sollen aber diesen Experimenten die verschiedensten Fehlerquellen anhaften, und werden sie von Hoppe-Seyler, wie oben angeführt, entschieden verworfen. Nachuntersuchungen existiren noch nicht. Genügende Controlversuche zur Fixirung der Werthe hat B. nicht angestellt. Aus diesem Grunde bin ich nicht geneigt, etwas Sicheres auf dieselben zu bauen. Wenn diese Resultate richtig wären, so würden sie allerdings eine unzweideutige Erklärung auch unserer Experimente als Folge einer durch in comprimirter Luft mehr aufgenommenen O_2 gesteigerten Oxydation geben können.

Ich beschränke mich hier auf eine kurze Angabe seiner Versuche. Näheres über Anordnung der Versuche s. im Original B. l. c. S. 829 ff.

Hier sei kurz bemerkt, dass B. eine seit 10 Tagen an das Leben im Apparat gewöhnte Ratte (360 Gr. schwer) bei constanter Nahrung mehrere Male 24 Stunden lang Luft von verschiedenem O-Gehalt athmen liess. Folgende Tabelle B.'s illustrirt die Erfolge deutlich.

1	A. in 24 Stund.	12,60	Lit. O verbraucht	7,06	Co_2-Bildung
2,3	- (487 pCt. O)	13,724	- - -	10,320	-
4,2	- (875 - -)	11,372	- - -	6,964	-

An Kaltblütern (Fröschen) erhielt B. analoge Resultate:

1	A. 24 Std.	146	Ccm. O-Verbrauch	—	Co_2-Bildung
2,7	- - -	157	- -	71,8	-
4,4	- - -	114	- -	62,8	-

B. fasst sein Resultat in folgendem Satz S. 833:

„L'activité des combustions organiques a donc été en augmentant d'abord, pour diminuer ensuite après avoir passé un certain maximum, qui est probablement placé au dessus de deux atmosphères."

Der O_2-Gehalt einer Luft = dem von 2 Atm. und etwas darüber steigert nach ihm also gerade die Oxydation in bedeutsamer Weise. Und da wir uns auch in einem solchen Gemisch von Luft befanden, dürften auch wir sonst wohl die unzweifelhafte Steigerung unseres Stoffwechsels auf den Einfluss des O_2 zurückführen, falls eben nicht so gewichtige Stimmen gegen seine Methode und Werthe geltend gemacht würden.

Diese Zahlen würden die Erhöhung des O_2-Verbrauchs, nicht nur der Aufnahme direct beweisen, eine Vermehrung der Oxydationsvorgänge wegen der CO_2-Menge, und auf letztere würden sich dann diese nicht beschränkt haben, sondern eine gleichzeitige Vermehrung des Harn-

stoffs und aller anderen Oxydation wäre dann auch wohl zu erwarten. Leider ist auf B.'s Zahlen nichts zu geben, sonst würden wir eine vortreffliche Erklärung haben.

Kurz nur will ich hier noch erwähnen, dass sich eine auf 2 Atm. comprimirter Luft in Bezug auf Wirksamkeit des O_2 ebenso verhält, wie eine unter 1 Atm. stehende mit dem doppelten O_2-Qnantum. Förderlich scheint aber die Compression insofern, als durch dieselben, wie alle Pneumatologen einstimmig angeben, eine allgemeine Entfaltung der Lungen, ausgesprochen in Verkleinerung der Herzdämpfung, Verrückung der unteren Lungengrenzen, Erhöhung der vitalen Capacität, Compression der Darmgase und hierdurch Hinabrücken des Zwerchfells hervorgebracht, somit der Gasaustausch noch erleichtert wird.

Also auch auf chemischem Wege können wir unser Resultat der doch sicher vorliegenden Stoffwechsel-Vermehrung nicht deuten, wenigstens nicht insofern, als wir einen Mehrverbrauch von O_2 aus dem dargebotenen Plus dafür geltend machen.

Ob die Wirkung der comprimirten Luft etwa so zu erklären ist, dass durch die Compression Veränderungen gesetzt werden, die dem O_2, der als solcher ja keine Oxydationsinitiative hat, es gestatten, seine oxidirende Wirkung in höherem Maasse zu entfalten, ihn activer machen, gehört in das Reich der Hypothese, die hier nicht weiter ausgeführt werden soll. Versuche mit zur Hälfte ihres O_2's beraubter und dann auf 2 Atm. verdichteter Luft, könnten hier vielleicht eine Entscheidung liefern.

Hier am Ende will und muss ich nun nochmals ausdrücklich bemerken, dass ich, wie ich schon oben angeführt, den Schwerpunkt der Arbeit durchaus nicht in dem leider durch die Schwierigkeit des Capitals etwas angeschwollenen Versuch von schliesslich doch negativ ausfallenden Erklärungen suche, sondern ich lenke vor Allem das Hauptaugenmerk auf die durch Experimente ziemlich sicher erwiesenen Thatsachen, in denen ich einzig und allein das Wesentliche der Arbeit gebe.

Nur um nicht blos diese nackten Thatsachen anzuführen, fühlte ich mich gedrungen, nach einer Erklärung für dieselben zu suchen.

Endlich sei es mir noch gestattet, Herrn Prof. Dr. Jacobson, der mich zur Bearbeitung des betreffenden Thema's angeregt und mir mannigfachen Rath dabei ertheilt hat, sowie Herrn Dr. Lazarus, Assistent am pneumatischen Institut, für die vielfache Hülfe und Unterstützung, die sie mir bei meiner Arbeit angedeihen liessen, meinen herzlichsten Dank zu sagen.